

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Исследование параметров видимого излучения при проведении люминесцентного контроля	

УДК 620.179.111.3-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Копушу Денис Федорович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Лобанова И.С.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	К.ЭКОН.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
12.03.01 Приборостроение	Мойзес Б.Б.	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P1	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus(2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus(1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus(2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	при соблюдении основных требований информационной безопасности	40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus(2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus(1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus(2.4, 4.2, 4.3, 4.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus(4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4А	Копуцу Денис Федорович

Тема работы:

Исследование параметров видимого излучения при проведении люминесцентного контроля	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	9733/с от 11.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследований являются параметры, влияющие на результат люминесцентного контроля. Предмет исследований – влияние качества дефектоскопических материалов на результат люминесцентного контроля. Цель работы – Исследование факторов, влияющих на регистрацию результатов люминесцентного контроля.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - изучение технологии проведения люминесцентного контроля; - анализ факторов, влияющих на регистрацию результатов контроля.
Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> 1. Изображения 2. Графики

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.09.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Лобанова И.С.			11.09.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Копущу Денис Федорович		11.09.17

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4А	Копушу Денису Федоровичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследования используется лаборатория капиллярного контроля и вибродиагностики; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда на 2018 год составляет 9489 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Согласно п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ данная НИР не подлежит налогообложению.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование; Swot-анализ НТИ.
1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ по научно-техническому исследованию.
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка научно-технического уровня следования, Оценка рисков.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НИР
2. Матрица SWOT
3. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИР

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Копушу Денис Федорович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4А	Копушу Денис Федорович

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объекты исследования – контрольные образцы для капиллярного контроля Рабочая зона – лаборатория капиллярного контроля и вибродиагностики Оборудование –вытяжной шкаф, ПЭВМ, дефектоскопические материалы. УФ-лампа.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	1.1 Вредные факторы при работе в лаборатории являются: – Недостаточная освещенность зоны; – Повышенная или пониженная температура воздуха в рабочей зоне – Повышенный шум на рабочем месте от приточно-вытяжной установки; – УФ-излучение. – Вредные вещества; 1.2 Опасные факторы при работе в лаборатории являются: – Электрический ток.
2. Экологическая безопасность:	Отходы производства в виде отработанных дефектоскопических материалов подлежат утилизации, регенерации, удалению в установленные сборники или уничтожению (сжиганию для органических материалов).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Копушу Д.Ф.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 81 с., 20 рис., 28 табл., 24 источника, 1 приложение.

Цель работы – Исследование факторов, влияющих на регистрацию результатов люминесцентного контроля.

В соответствии с данной целью в работе решаются следующие задачи:

- изучение технологии проведения люминесцентного контроля;
- анализ факторов, влияющих на регистрацию результатов контроля;

Объектом исследований являются параметры, влияющие на результат люминесцентного контроля.

Предмет исследований – влияние качества дефектоскопических материалов на результат люминесцентного контроля.

Эффективность: Данная работа направлена на повышение качества проведения люминесцентного контроля.

Ключевые слова: люминесцентный контроль, пенетрант, ультрафиолетовая лампа, капилляр, яркость.

Оглавление

Введение.....	12
1 Люминесцентный метод неразрушающего контроля.....	13
1.1 Параметры видимого излучения.....	13
1.2 Технология люминесцентного контроля.....	14
1.2.1 Подготовка изделия к контролю.....	15
1.2.2 Процесс эмульгирования.....	15
1.2.3 Удаление излишков пенетранта с объекта контроля.....	16
1.2.4 Нанесение проявителя.....	17
1.2.5 Проявление дефектов.....	18
1.2.6 Осмотр изделия.....	18
1.3 Применяемые материалы и оборудование.....	19
1.4 Оформление результатов контроля, расшифровка.....	26
2 Параметры, влияющие на результаты контроля.....	29
2.1 Качество дефектоскопических материалов.....	29
2.1.1 Свежесть пенетранта.....	29
2.1.2 Загрязнение пенетранта.....	29
2.1.3 Концентрация эмульгатора в ванночке.....	30
2.1.4 Загрязнение ванны эмульгатором.....	30
2.2 Качество технологии контроля.....	31
2.2.1 Температура пенетранта и объекта контроля.....	31
2.2.2 Температура и давление при чистке объекта контроля.....	32
2.2.3 Толщина слоя проявителя.....	32
2.2.4 Интенсивность света и диапазон длин волн.....	33
2.3 Переменные параметры при контроле (обычно не контролируемые экспертом).....	35
2.3.1 Человеческий фактор.....	35
2.3.1.1 Зрение инспектора.....	35
2.3.1.2 Знание предполагаемых дефектов и опыт их обнаружения.....	35

2.3.1.3	Инспекционная среда, а также отношение и мотивация инспектора.....	36
2.3.2	Шероховатость поверхности и состояние исследуемой детали.....	36
2.3.3	Характер дефекта.....	36
3	Экспериментальная часть.....	37
3.1	Описание эксперимента.....	37
3.1.1	Оценка влияния цвета фона поверхности на результат контроля...	37
3.1.2	Сравнение технологии контроля на этапе удаления избытка пенетрата с поверхности объекта контроля.....	38
3.1.3	Определение влияния загрязненности пенетранта на результат люминесцентного контроля.....	39
3.2	Применяемые материалы и оборудование.....	44
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	49
4.1	Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование.....	50
4.2	Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	52
4.2.1	Определение трудоемкости этапов НИР.....	53
4.2.2	Техническая готовность темы.....	55
4.3	Бюджет научно-технического исследования.....	57
4.3.1	Смета затрат на разработку проекта.....	58
4.4	Оценка целесообразности исследования.....	60
4.4.1	Оценка научно-технического уровня следования.....	60
4.4.2	Оценка возможных рисков.....	62
5	Социальная ответственность.....	65
5.1	Производственная безопасность.....	65
5.1.1	Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	66
5.1.1.1	Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.....	66
5.1.1.2	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	67

5.1.1.3 Повышенный шум на рабочем месте	69
5.1.1.4 Ультрафиолетовое излучение	69
5.1.1.5 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны	70
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	71
5.1.2.1 Электрический ток.....	71
5.2 Экологическая безопасность	72
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	72
5.4 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	74
Заключение.....	76
Список использованных источников.....	77
Приложение А.....	80

Введение

Капиллярная дефектоскопия - метод дефектоскопии, основанный на проникновении определенных жидких веществ в поверхностные дефекты изделия под действием капиллярного давления, в результате чего повышается свето- и цветоконтрастность дефектного участка относительно неповрежденного.

Капиллярные методы неразрушающего контроля применяются для выявления сквозных и поверхностных дефектов с открытой полостью. Они позволяют определить протяженность, направление и характер распространения дефекта в объектах. Объекты могут быть любых размеров и форм, изготовлены из металлов, пластмасс и других твердых конструкционных материалов, которые не растворяются и не набухают под воздействием применяемых химических реактивов.

Капиллярные методы нашли широкое применение в неразрушающем контроле, при контроле ответственных деталей в авиастроении, судостроении, энергетическом машиностроении и других отраслях народного хозяйства. Для некоторых материалов и изделий этот метод является единственным способом определения пригодности деталей и установок к работе.

Люминесцентный метод, как один из видов капиллярной дефектоскопии, очень востребован для особо ответственных деталей, так как при помощи него можно находить дефекты с шириной раскрытия до 1 мкм. Для того чтобы добиться максимальной эффективности от данного метода, нужно особое внимание уделять параметрам видимого излучения при проведении люминесцентного контроля.

1 Люминесцентный метод неразрушающего контроля

Люминесцентный метод основан на свойстве некоторых жидкостей флюоресцировать (светиться) под действием ультрафиолетовых лучей.

1.1 Параметры видимого излучения

Видимое излучение — электромагнитные волны, воспринимаемые человеческим глазом, которые занимают участок спектра с длинами волн приблизительно от 380 (фиолетовый) до 780 нм (красный). Такие волны занимают частотный диапазон от 400 до 790 терагерц. Электромагнитное излучение с такими длинами волн также называется видимым светом, или просто светом (в узком смысле этого слова). Наибольшую чувствительность к свету человеческий глаз имеет в области 555 нм (540 ТГц), в зелёной части спектра.

Таблица 1.1 – Основные спектральные цвета

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотон, эВ
Фиолетовый	380–440	790–680	2,82–3,26
Синий	440–485	680–620	2,56–2,82
Голубой	485–500	620–600	2,48–2,56
Зеленый	500–565	600–530	2,19–2,48
Желтый	565–590	530–510	2,10–2,19
Оранжевый	590–625	510–480	1,98–2,10
Красный	625–740	480–400	1,68–1,98

1.2 Технология люминесцентного контроля

Люминесцентный метод контроля по технологии подготовки детали, нанесения проникающей и проявляющей жидкостей не отличается от цветного метода. Завершающей операцией является осмотр поверхности детали с освещением невидимыми ультрафиолетовыми лучами. Метод более эффективен, однако используется реже из-за необходимости применения специальных приспособлений.

Данный метод контроля обладает большей чувствительностью, но требует применения специального облучения ультрафиолетовым светом и затемненного помещения для осмотра изделия. При люминесцентном методе контроля дефект заполняется индикаторной жидкостью, которая представляет собой раствор либо суспензию люминофора в смеси органических растворителей, керосина, масел и поверхностно-активного вещества. При проявлении извлеченный из дефекта люминофор дает на темном фоне контрастный, светящийся под действием ультрафиолетовых лучей след, что позволяет выявлять трещины с шириной раскрытия у выхода на поверхность более 0,001 мм, глубиной более 0,01 мм и длиной более 0,1 мм. В связи с повышенной чувствительностью человеческого глаза в желто-зеленой области применяются люминофоры с максимальной световой отдачей именно в этой области спектра.

Люминесцентный метод контроля производится согласно ГОСТ 3242-79 [1] и основан на использовании явления проникновения хорошо смачивающихся жидкостей в поверхностные трещины, поры и другие дефекты и обладающих свойством свечения под ультрафиолетовыми лучами.

Технологический процесс люминесцентной дефектоскопии состоит из следующих операций:

1. Подготовка изделия к контролю;
2. Нанесение пенетранта;
3. Очистка поверхности изделия от излишков пенетранта;
4. Нанесение проявителя;

5. Осмотр изделия и анализ индикаторных следов выявленных дефектов;

6. Удаление (в случае необходимости) остатков дефектоскопических материалов.

1.2.1 Подготовка изделия к контролю

Подготовка объектов к контролю включает очистку контролируемой поверхности и полостей дефектов от всевозможных загрязнений, лакокрасочных покрытий, моющих составов и дефектоскопических материалов, оставшихся от предыдущего контроля для того, чтобы проникающая жидкость лучше проникала вполости дефектов, если таковые на поверхности имеются. А также сушку контролируемой поверхности и полостей дефектов.

1.2.2 Процесс эмульгирования

Наряду с процессом с водосмываемой проникающей жидкостью существует люминесцентный процесс с последующей эмульсификацией. В этом случае добавляется операция нанесения эмульгатора.

Этот процесс имеет определенные преимущества перед процессом с применением водосмываемой люминесцирующей жидкости. Их можно суммировать следующим образом:

- большая чувствительность при выявлении очень тонких дефектов;
- на деталях с загрязненными дефектами данный процесс более совершенен, чем водосмываемый;
- могут быть выявлены мелкие повреждения поверхности, такие, как царапины и следы режущего инструмента, где такое состояние нежелательно;
- при повторном контроле деталей, подвергнутых до этого другим капиллярным методам дефектоскопии, можно получить лучшие результаты.

Проникающая жидкость, для последующей эмульсификации, имеет масляную основу, к которой добавляется яркий флуоресцирующий краситель.

Она отличается от водосмываемой проникающей жидкости тем, что ее нельзя удалить промывкой водой до тех пор, пока она не содержит эмульгирующего вещества. Она обладает исключительно высокими проникающими свойствами. Но в любом случае общее действие этого типа проникающей жидкости подобно действию водосмываемой.

1.2.3 Удаление излишков пенетранта с объекта контроля

Способ удаления проникающей жидкости с поверхностей контролируемых изделий выбирают с учетом ее типа, шероховатости поверхности, условий контроля и его производительности. В табл. 2 приведены возможные способы удаления проникающей жидкости с поверхности деталей.

Таблица 1.2 – Способы удаления проникающей жидкости с поверхности деталей

Способ	Технологическая характеристика
Протирка	Удаление проникающей жидкости ветошью или бумагой с применением или без применения очищающего состава
Промывка	Удаление проникающей жидкости водой, органическим растворителем или специальным очищающим составом или парами органических растворителей
Обдувание	Удаление проникающей жидкости струей песка, дроби, косточковой крошки, опилок
Гашение люминесценции или цвета	Устранение люминесценции или окраски проникающей жидкости воздействием на неё вещества-гасителя или облучением
Комбинированный	Удаление проникающей жидкости последовательно двумя или более способами

Удаляют пенетрант до полного отсутствия свечения или окрашенности поверхности. Чистота отмывки поверхности изделия от избытка люминесцентного пенетранта контролируется в ультрафиолетовом облучении.

После удаления пенетранта контролируемая поверхность подвергается сушке.

1.2.4 Нанесение проявителя

Способ нанесения проявителя выбирают с учетом типа и свойств последнего, степени сложности изделия, условий контроля, его чувствительности и производительности. Оптимальная толщина слоя проявителя составляет 7—20 мкм, в соответствии с ГОСТ 18442-80 [2]. Проявитель можно наносить на контролируемую поверхность одним из способов, приведенных в табл. 2.

Таблица 1.3 – Способы нанесения проявителя

Способ	Технологическая характеристика
Нанесение кистью	Нанесение жидкого проявителя кистью, щеткой или заменяющими их средствами
Обливание	Нанесение жидкого проявителя на поверхность детали струей при помощи насосов или же самотеком
Погружение	Нанесение жидкого проявителя кратковременным погружением в него детали
Воздушная взвесь	Нанесение порошкообразного проявителя путем создания его воздушной взвеси в камере, в которую помещена деталь
Посыпание	Нанесение порошкообразного проявителя припудриванием или обсыпанием детали
Наложение липких пленок	Нанесение ленты пленочного проявителя прижатием ее липкого слоя к детали
Электрораспыление	Нанесение проявителя в электростатическом поле с распылением его струей воздуха, механическим методом или под воздействием сил поля

1.2.5 Проявление дефектов

После нанесения проявителя детали выдерживают при температуре окружающей среды, при повышенной температуре, в вакууме или при вибрации до окончания процесса проявления, т. е. образования индикаторного рисунка. Способы проявления дефектов приведены в табл. 3.

Образование индикаторного рисунка происходит благодаря свойствам проявителя извлекать индикаторную жидкость из трещин в слой проявителя, в свою очередь проявитель проникает в индикаторную жидкость.

Таблица 1.4 – Способы проявления дефектов

Способ проявления дефектов	Технологическая характеристика
Временной	Выдержка детали на воздухе до наиболее полного проявления обнаруживаемых дефектов
Тепловой	Проявление дефектов путем нагревания детали при атмосферном давлении
Вибрационный	Проявление дефектов при воздействии на деталь вибрации, циклического или статического нагружения
Вакуумный	Проявление дефектов путем вакуумирования пространства над поверхностью детали с постоянным или изменяющимся по определенному закону разрежением
Комбинированный	Проявление дефектов одновременно или последовательно двумя или более способами

1.2.6 Осмотр изделия

Осмотр контролируемой поверхности рекомендуется проводить через 3-5 мин и через 15-20 мин после высыхания проявителя по 2, 3 и 4 классам чувствительности. Для выявления дефектов по 1 классу чувствительности рекомендуется проводить дополнительный осмотр через 40-60 мин.

1.3 Применяемые материалы и оборудование

Капиллярный контроль проводится как для контроля выборочных деталей, так и для массового контроля. Выборочный контроль деталей проводят в лаборатории. А вот для массового контроля используются автоматические линии капиллярного контроля. Остановимся на них подробнее.

Стандартные дефектоскопические линии с элементами механизации и автоматизации контроля в условиях массового производства объединяют все необходимые дефектоскопические основные и вспомогательные средства в соответствии с последовательностью технологических операций. Их достоинство – возможность полной или частичной механизации и автоматизации с помощью роботов-манипуляторов, использования телеустановок и компьютерных систем. Недостаток – высокая стоимость.

Автоматический контроль применяют для проверки деталей типа лопаток турбин, крепежа, элементов шарико- и роликоподшипников. Установки представляют собой комплекс ванн и камер для последовательной обработки деталей. В таких установках широко применяют средства интенсификации операций контроля: ультразвук, повышение температуры, вакуум и т.д.

Например, автоматизированная линия для контроля деталей методами цветной или люминесцентной дефектоскопии представляет собой комплекс ванн и камер для последовательной обработки проверяемых деталей. Транспортер подает детали в ванну для ультразвуковой очистки, затем – в ванну для промывки проточной водой. Влагу с поверхности деталей удаляют в камере, при температуре 250–300 °С. Горячие детали охлаждают сжатым воздухом.



Рисунок 1.1 – Автоматическая линия капиллярного контроля

Нанесение проникающей жидкости осуществляется в ванне под действием ультразвука, а удаление – путем последовательного погружения в ванну с водой с барботированием жидкости, в ванну с очищающей жидкостью, а затем – в камеру с душевой установкой. Влага удаляется сжатым воздухом. Перемещение деталей между ваннами и камерами автоматическое. Проявитель наносят краскораспылителем вручную в специальной распылительной камере. Детали осматривают на рабочем месте, где предусмотрено дневное или ультрафиолетовое освещение.

Автоматическая система люминесцентного контроля лопаток газовых турбинных двигателей (ГТД) представляет собой комплекс механизмов для обработки деталей дефектоскопическими материалами, поиска дефектов и браковки лопаток. Транспортер подает лопатки в ванну для ультразвуковой очистки, затем – в отделение промывки горячей водой. Очищенные лопатки сушатся в струе горячего воздуха. На их поверхность в электростатическом поле наносится люминесцентная проникающая жидкость. После промывки на лопатки в электростатическом поле напыляют проявитель.

Затем лопатки попадают в секцию осмотра, где их поверхность осматривается с использованием телевизионных камер. Перо каждой лопатки осматривается в ультрафиолетовых лучах в 36 положениях с использованием двух дополнительных телевизионных камер, просматривают бандажные полки и замковые части лопаток в восьми смотровых положениях. Полученные данные обрабатываются и оцениваются вычислительным устройством.



Рисунок 1.2 – Лаборатория для люминесцентного контроля

При контроле измеряется общая площадь дефектного люминесцирующего участка. Если эта площадь превышает заданную величину, лопатка помечается красным цветом. Годные лопатки помечаются зеленым цветом. Оператор, находящийся у контрольного устройства, наблюдает телевизионное изображение проверяемой лопатки. Вычислительное устройство выдает печатные данные о результатах контроля, а также дает команду на перемещение лопаток в каналы приемки или браковки.

При люминесцентном контроле используются 3 баллона:

- очиститель;

- пенетрант;
- проявитель;

А для расшифровки результатов используется УФ-лампа.

Очиститель—это органический растворитель для удаления излишков пенетранта (промежуточная очистка), очистки и обезжиривания поверхности (предварительная очистка). Очиститель должен полностью улетучиться из поверхностных несплошностей перед применением пенетранта. Промежуток времени между окончанием подготовки поверхности и нанесением пенетранта не должен превышать 30 мин. В течение этого срока нужно исключить возможность конденсации атмосферной влаги на контролируемой поверхности, а также попадание на нее различных жидкостей и загрязнений. Поверхность следует очищать в тот же день, в который проводится ее проверка.

Индикаторная жидкость (пенетрант) — это окрашенная или люминесцирующая жидкость, предназначенная для заполнения полостей открытых поверхностных дефектов и последующего образования индикаторного рисунка. Жидкость представляет собой раствор или суспензию красителя или люминофора в смеси органических растворителей, керосина, масел с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ), снижающих поверхностное натяжение воды, находящейся в полостях дефектов и улучшающих проникновение пенетрантов в эти полости. Примерами индикаторных жидкостей являются: нориол, шубекол, жидкости типа ЛЖ, различные масла.

Дефектоскопические комплекты обычно выбирают, исходя из требуемой чувствительности контроля, его производительности, условий проведения, стабильности качества дефектоскопических материалов, а также химической инертности в отношении объекта контроля. Необходимое требование к дефектоскопическим материалам — это их совместимость, т. е. выбранный пенетрант должен хорошо смачивать поверхность материала объекта контроля, смываться очистителем без вымывания из дефектов, проявляться рекомендуемым проявителем.

Необходимо знать, что чувствительность является одним из наиболее важных показателей комплектов материалов. Под ней понимают способность данных материалов образовывать от минимального дефекта индикаторный рисунок, уверенно обнаруживаемый контролером. Чувствительность делится на 4 класса:

- высокочувствительные комплекты (класс 1) — позволяют выявлять дефекты с раскрытием до 1 мкм;
- комплекты средней чувствительности (класс 2) — с раскрытием от 1 до 10 мкм;
- пониженной чувствительности (класс 3) — с раскрытием от 10 до 100 мкм;
- класс 4 — с раскрытием от 100 до 500 мкм, технологический класс - не нормируется.

Индикаторная жидкость, проникающая в трещины, раковины или поры, под действием ультрафиолетовых лучей ярко флуоресцирует (светится), что позволяет быстро обнаружить дефектные места.

В качестве флуоресцирующих жидкостей применяют смеси минерального масла с керосином или бензином. Эти смеси обладают хорошей способностью проникать в мельчайшие поры и трещины.

В качестве проникающих жидкостей используют:

- 64,5% керосина + 25% нориола, остальное – бензин;
- 84,5% керосина, 15% авиационного масла и 0,5% амульгатора.
- 50% керосина, 25% бензина, 25% трансформаторного масла.

Проявитель -это дефектоскопический материал, предназначенный для извлечения пенетранта из капиллярной несплошности, с целью образования четкого индикаторного рисунка и создания контрастирующего с ним фона.

Проявитель, наносимый на поверхность объекта контроля через некоторое время после осторожного удаления с поверхности пенетранта, растворяет находящийся внутри дефекта краситель и за счет диффузии

“вытягивает” оставшийся в дефекте пенетрант на поверхность объекта контроля.

Люминесцентная лампа— газоразрядный источник света, в котором электрический разряд в парах ртути создаёт ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется в видимый свет с помощью люминофора.

При контроле изделий люминесцентным методом обнаружение дефекта производится в длинноволновом УФ-излучении с длиной волны 315-400 нм (с преобладанием длины волны 365 нм) в затемненном пространстве или отдельной камере по светящемуся индикаторному следу. В поле зрения оператора не должно быть отблесков или других источников видимого света или УФ-излучения, уровни видимого освещения, исходящего из окружающей среды, не должны превышать 20 лк.

В УФ-облучателях дефектоскопов, предназначенных для люминесцентного метода с визуальным способом выявления дефектов, в качестве источников УФ-излучения используют специализированные ртутные лампы в черных колбах и их аналоги. Следует помнить, что после выключения лампы можно повторно включить, только охладив ее в течение 10-15 мин.



Рисунок 1.3 –Дефектоскопическая газоразрядная УФ-лампа



Рисунок 1.4 – Система УФ освещения с газоразрядной лампой

Также, последнее время начали использовать светодиодные лампы. Они имеют ряд существенных преимуществ над газоразрядными лампами: лучшую цветопередачу и светоотдачу, период эксплуатации в разы дольше, высокая экономичность, не имеют ртути.



Рисунок 1.5 –Светодиодный светильник УФ портативный

1.4 Оформление результатов контроля, расшифровка

Существуют визуальный, фотоэлектрический, телевизионный и инструментальный способы обнаружения индикаторных следов.

При визуальном способе (рис. 6, а) оператор осматривает видимый индикаторный след несплошности, выявленной люминесцентными или люминесцентно-цветным методом.

При фотоэлектрическом способе (рис. 6, б) анализируют результаты измерения светового потока фотоэлементом. Для этого изделие помещают в затемненную камеру и подвергают воздействию УФ-излучения. Фотоэлемент регистрирует свечение в видимой области.

При телевизионном способе (рис. 6, в) сигнал от видимого индикаторного следа несплошности высвечивают на экране дисплея или записывают на магнитную пленку для последующего воспроизведения.

Телевизионное обнаружение позволяет регулировать контрастность и яркость изображения дефекта, что повышает чувствительность контроля.

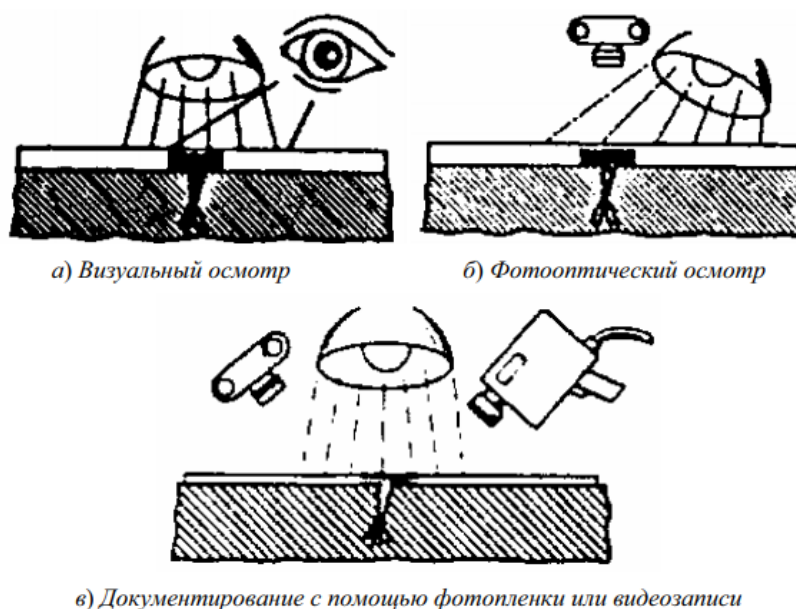


Рисунок 1.6 – Контроль поверхности и документирование

При инструментальном способе обнаружения сигнал о наличии дефекта получают путем его регистрации с помощью специальных приборов,

учитывающих радиоактивное излучение или акустические импульсы индикаторных веществ, находящихся в полостях дефектов [3].

Осмотр объекта производится в контрастных очках для защиты от УФ-излучения. Очки сконструированы специально для отражения длинной ультрафиолетовой волны. Препятствуют возникновению опалесценции глаз во время длительного пребывания при ультрафиолетовом освещении. Эти очки снижают усталость и обеспечивают оптимальную контрастность во время визуального осмотра дефектов при капиллярном и магнитопорошковом методах неразрушающего контроля.



Рисунок 1.7 – Контрастные очки для защиты от УФ-излучения

Очки для защиты от УФ-излучения рассчитаны с учетом устойчивости к низкоэнергетическим ударам. Очки с непрямой вентиляцией также рассчитаны на защиту от пыли и брызг жидкости. Поглощают УФ-излучения с длиной волны до 365нм.

Результаты контроля заносят в журнал в виде протокола, представленного в приложении А. В нем указывают размеры и расположения контролируемых участков, основные характеристики выявленных дефектов, виды дефектоскопических материалов, условный уровень чувствительности, тип применяемого оборудования, время контроля, фамилию дефектоскописта, а

также нормативно-техническую документацию, по которой выполняется контроль.

К проведению оценки качества проконтролированного объекта, допускаются специалисты II и III уровней квалификации в соответствии с ПБ 03-440-02 [4].

Для проведения люминесцентного контроля дефектоскопист должен обладать определенным опытом распознавания дефектов, должен, верно, оценивать качество всех используемых материалов и правильно подбирать условия, в которых будет проводиться данная работа. На это уходит немало времени, но это обязательные процедуры, без которых точное проведение капиллярного контроля невозможно.

2 Параметры, влияющие на результаты контроля

2.1 Качество дефектоскопических материалов

2.1.1 Свежесть пенетранта

В статье Джеймса Албургера [5] сообщалось, что практически все органические красители ухудшаются с течением времени, что приводит к потере цвета или люминесцентного проявления. Восемь различных процессов, которые могут способствовать этому. Эти процессы: фотохимическое увядание, ухудшение качества цвета, ухудшение заполнения дефектов, ухудшение окисления, сублимация краски, концентрация гашения, тонкопленочное обеднение свечения и видимые ухудшения. В документе обсуждается каждый из этих механизмов и предлагаются меры предосторожности, чтобы избежать проблем.

2.1.2 Загрязнение пенетранта

Загрязнение пенетранта другой жидкостью изменит поверхностное натяжение и угол соприкосновения раствора. Для пенетранта можно применить правило Антинофа [6]. Это правило гласит, что поверхностное натяжение смеси равно сумме поверхностных напряжений двух частей. Если загрязняющим веществом является вода, то поверхностное натяжение и угол соприкосновения смеси возрастут, поскольку вода имеет более высокое поверхностное натяжение, чем большинство пенетрантов на масляной основе. В самоэмульгирующих пенетрантах загрязнение воды может произвести загустевание или заворот эмульсии, когда концентрация воды будет достаточно высокой. Данные представленные в виде индикаторной таблицы гелеобразования показывают, что загрязнение водой должно быть значительным (более 10%) для гелеобразования (чтобы жидкость стала вязкой).

В работе под названием «Экологический контроль для капиллярного контроля» [7] отмечается, что кислоты и хроматы обладают способностью разрушать флуоресценцию.

Ловижой, Балински, и Май из MagnafluxLtd. представили доклад под названием "Влияние обычных химических чистящих средств на флуоресцентную яркость пенетрантов" [8]. В этом исследовании шесть пенетрантов были загрязнены различными количествами (от 2 до 10 процентов по объему) 12 распространенных чистящих химических веществ. В эти вещества входят: органические растворители, водные растворы кислот, щелочи, окислители, кислоты. Для исследования относительной потери яркости каждого пенетранта использовался спектрофотометр. Результаты представлены в табличной и графической форме. Выводы исследования заключаются в том, что любое загрязнение уменьшит яркость пенетрантов и чем больше загрязнение, тем меньше яркость. Количество уменьшения яркости зависело от пенетранта и загрязняющего элемента, но некоторые загрязняющие элементы, даже в концентрации 2 процентов, имели катастрофическое влияние на все пенетранты.

2.1.3 Концентрация эмульгатора в ванной

Амос Шервин непосредственно обсуждает проблему контроля, связанную с использованием гидрофильных эмульгаторов [9]. В этой статье обсуждаются последствия неправильной концентрации, загрязнения, длительного времени выдержки и удаления. Показывается, что неспособность разбавить гидрофильные эмульгаторы или заменить воду из-за испарения может иметь последствия для результатов.

2.1.4 Загрязнение ванны эмульгатором

Раствор эмульгатора может переносить некоторое пенетрантное загрязнение. Однако, даже 1 процент загрязнения пенетранта может серьезно повлиять на эффективность эмульгатора. Шервин [10] заявляет, что от 1 до 1,5% загрязнения пенетранта будет влиять на раствор 10% - ной концентрации эмульгатора. По мере того как концентрация эмульгатора увеличивается, допуск загрязнения пенетранта также увеличивается и для раствора 30% -ной концентрации эмульгатора возможно загрязнение пенетранта на 5-8,5% .

2.2 Качество технологии контроля

В статье 1994 года Дан Маркс обобщил переменные параметры процесса контроля, которые должны контролироваться в соответствии с различными правительственными и отраслевыми спецификациями [11]. Рассматриваются следующие переменные: пенетрант и температура детали при нанесении пенетранта, интенсивность света (как белого, так и черного) во время обследования, время выдержки проявителя, параметры и процедуры промывки. Маркс отмечает, что различные спецификации противоречат друг другу в нескольких местах. Хотя в этой статье нет тестовых данных, в ней содержится хороший обзор/сводка некоторых требований к управлению процессом.

2.2.1 Температура пенетранта и объекта контроля

Температура пенетранта и объекта контроля может повлиять на результат. Поскольку поверхностное натяжение большинства материалов уменьшается по мере повышения температуры, повышение температуры пенетранта должно увеличивать смачивание поверхности и капиллярные силы. Конечно, обратное также верно, и снижение температуры негативно скажется на данных характеристиках. В одном из источников [11] сказано, что оптимальной температурой является 27° - 49°C (80° - 120°F). При температуре ниже 4,8°C (40°F) результаты неудовлетворительны. Повышение температуры также повысит скорость испарения пенетрантов, что может оказать положительное или отрицательное влияние на чувствительность. Воздействие было бы положительным, если бы испарение служило для увеличения концентрации красителя пенетранта, попавшего в дефекте, до гашения концентрации, а не после. Испарение имело бы отрицательный эффект, если бы концентрация краски вызвала превышение концентрации гасителя или увеличение смачиваемости поверхности и капиллярные силы изменили положение пенетранта так, что он бы не попадал в дефекты.

2.2.2 Температура и давление при чистке объекта контроля

Поливание или погружение в ванну часто используются при эмульгировании. При использовании метода поливания давление воды обычно ограничено до 276 кН/м^2 . Диапазон температур воды обычно широкий (например, $10^\circ - 38^\circ\text{C}$ ($50^\circ - 100^\circ\text{F}$)). Не было найдено литературы, в которой обсуждались требования к температуре и давлению при смывании грязи с объекта, но причины контроля этих переменными кажутся простыми. Брызги воды низкого давления не смогут должным образом извлечь поглощенный пенетрант и ослабить индикацию. Температура будет иметь влияние на поверхностное натяжение воды. Более теплая вода будет иметь большую смачивающую способность, чем холодная вода. Более теплые температуры воды могут также сделать эмульгатор более эффективным.

2.2.3 Толщина слоя проявителя

Одна из функций проявителя заключается в том, чтобы вытащить пенетрант из дефекта и распространить его по поверхности детали на ширину, которая обнаруживается глазом. При изучении кинетики капиллярного процесса Мигун и Прохоренко [12] разработали несколько уравнений, описывающих взаимодействие пенетранта и проявителя. Из этих уравнений ими был сделан вывод, что тонкий слой проявителя будет производить индикацию быстрее и улучшит чувствительность. С другой же стороны, уменьшение толщины слоя проявителя уменьшит чувствительность, потому что оно не поглотит достаточное количество пенетранта. А также, если слой разработчика недостаточно толстый, он не обеспечит хороший контраст, что является еще одной важной функцией проявителя. Толстый слой в свою очередь будет маскировать дефект, т.к. индикаторной жидкости может оказаться недостаточно, чтобы окрасить толстый слой проявителя и окрасить его с образованием следа.

Следовательно, можно сделать вывод, что слой проявителя должен быть и не слишком толстым, и не слишком тонким для качественного проведения контроля.

2.2.4 Интенсивность света и диапазон длин волн

Правильное освещение имеет большое значение при визуальном осмотре поверхности для индикации пенетранта. При использовании флуоресцентного пенетранта важное значение имеет ультрафиолетовое освещение и видимый свет. Интенсивность ультрафиолетового света проконтролирована спецификацией осмотра. Для люминесцентного контроля источник света должен располагаться таким образом, чтобы он не создавал бликов и был достаточно мощным для обнаружения проникающего излучения.

Поскольку флуоресцентная яркость линейна по отношению к ультрафиолетовому возбуждению [13], следовательно, изменение расстояния источника света от исследуемой поверхности и изменение интенсивности света окажут непосредственное влияние на осмотр.

Статзаус [14] представляет данные, которые показывают, что яркость индикации линейно возрастает с увеличением интенсивности УФ-излучения. Это линейное увеличение яркости продолжалось до интенсивности УФ-излучения 80 Вт/м^2 , что было максимальным значением, включенным в исследование. Статзаус также показал, что контраст между индикацией и двумя фоновыми условиями, чистой поверхностью и покрытой флуоресцентными магнитными частицами, увеличивается с увеличением интенсивности УФ-излучения. Видимость индикации увеличивается по мере увеличения контраста.

Следует отметить, что при измерении силы света важно производить измерение с помощью лампы на максимальном расстоянии от инспекционной поверхности, на которой она будет использоваться. Холден [15] указывает, что ультрафиолетовый свет следует обратному квадратному закону, как и все другие электромагнитные излучения. Поэтому небольшое изменение

расстояния источника света от образца будет отражать гораздо большее снижение интенсивности света.

В статье, опубликованной в мартовском издании 1990 года "Оценка материалов" [16], обсуждается путаница в интерпретации требований к освещению стандартных процедур контроля, измерении длины волны и интенсивности ультрафиолетового света. Много из обсужденной запутанности включает измерение видимого света, выполняя УФ осмотр. Говорят, что видимый свет всегда скрывает показания, уменьшая контраст индикации, но есть несколько версий того, как измерить количество видимого света. Некоторые считают, что видимый свет (главным образом голубой и фиолетовый) исходит от ультрафиолетовой лампы осмотра. Другая версия, что уровень рассеянного света в комнате, где проводится осмотр с ультрафиолетовой лампой, должен быть измерен до начала работы. Третье толкование заключается в том, что следует измерять сочетание окружающего света и видимого света, создаваемого УФ-лампой. Поскольку оптимальная чувствительность возникает, когда весь видимый свет отсутствует в смотровой комнате, за исключением света, полученного в результате флуоресценции индикатора. Представляется, что третье толкование было бы правильным. В статье отмечается, что в смотровой комнате имеется ряд возможных источников видимого света, в том числе флуоресценция одежды инспектора.

В статье также сообщается, что был выполнен контроль при помощи 14-ти распространенных пенетрантов и обнаружено, что улучшение флуоресцентного следа на 10-50% может быть улучшено с использованием длины волны возбуждения 410 нм, которая находится в видимом фиолетовом диапазоне, а не 365 нм, который находится в УФ-диапазоне. Фиолетовый видимый свет от темного света вызывает дополнительную флуоресценцию пенетранта.

2.3 Переменные параметры при контроле (обычно не контролируемые экспертом)

2.3.1 Человеческий фактор

Осмотр обычно выполняется визуально и, следовательно, все факторы, влияющие на визуальный контроль, будут влиять на контроль проникающей жидкости.

2.3.1.1 Зрение инспектора

В статье Статзаус [14] обсуждается важность зрения при поведении контроля. Это объясняется тем, что острота зрения зависит от пяти параметров. Эти параметры включают: контраст яркости между объектом и его окружением; адаптационную яркость или способность, к которой глаз адаптирует свою чувствительность при изменяющихся условиях освещения; размеры объектов; время представления объекта; вероятность распознавания объекта. Видимость увеличивается по мере увеличения каждого из этих пяти параметров. Также было показано, что на пороговый уровень восприятия может влиять ряд факторов, включая размер дефекта, ориентацию дефекта, а также знание и историю детали, ее потенциальных дефектов инспектором. Возраст инспектора так же имеет значение. В возрасте 55 лет изменения в глазу вряд ли могут быть скорректированы в той мере, в какой это необходимо человеку для проведения визуального осмотра.

2.3.1.2 Знание предполагаемых дефектов и опыт их обнаружения

Как указано в разделе 2.3.1.1, одним из параметров, влияющих на остроту зрения, является вероятность распознавания объекта. Если инспектор обучен распознавать конкретный дефект, вероятность обнаружения этого дефекта, скорее всего, будет выше. Вероятность ложных показаний также, вероятно, уменьшится.

2.3.1.3 Инспекционная среда, а также отношение и мотивация инспектора

Окружающая среда при осмотре важна, потому что контролеры могут утомиться и потерять концентрацию при работе в дискомфортных условиях. Отношение и мотивация инспектора важны, потому что инспектор не сможет постоянно выполнять работу хорошо, если он чувствует, что работа не важна или критерий проверки нереалистичен.

2.3.2 Шероховатость поверхности и состояние исследуемой детали

Шероховатость поверхности детали в первую очередь влияет на удаление пенетранта. Шероховатые поверхности, как правило, поглощают больше пенетранта в царапинах и ямах, которые составляют поверхность. Удаление пенетранта с поверхности детали является более сложным, и может вызвать более высокий уровень фоновой флуоресценции.

2.3.3 Характер дефекта

Хотя на самом деле это не переменная часть процесса проверки, следует отметить влияние самого дефекта на чувствительность. Чувствительность определяется в данном случае как наименьший дефект, который может быть обнаружен с высокой степенью достоверности. Как правило, длина трещины на поверхности образца используется для определения размера дефекта. Однако, только длина трещины не определяет, будет ли обнаружен дефект или он останется незамеченным. Объем дефекта, вероятно, является более важной особенностью. Как указал Албургер [13], дефект должен быть достаточного объема, чтобы нужное количество пенетранта истекло обратно для удовлетворения размеров флуоресценцентного изображения.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследование параметров видимого излучения при проведении люминесцентного контроля. Объектом исследования является набор для люминесцентного контроля.

Данные исследования своего рода уникальны, так как русскоязычных аналогов в сети не было найдено. Заинтересованность предприятий, использующих люминесцентный контроль, в этих исследованиях очевидна. Они смогут проводить контроль более качественно при знании результатов данных исследований.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет НИИ;
- произвести оценку ресурсной и экономической эффективности исследования.

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с

целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

4.1 Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование

Тема диплома: «Исследование параметров видимого излучения при проведении люминесцентного контроля». Капиллярная дефектоскопия позволяет контролировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из различных материалов: черных и цветных металлов, сплавов, пластмасс, стекла, керамики и т.п. Капиллярный контроль широко востребован при дефектоскопии сварных швов. Исследование проводилось с целью определить, как влияют некоторые параметры видимого излучения при проведении люминесцентного контроля (один из видов капиллярного контроля).

Произведем также в данном разделе SWOT-анализ НТИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок. В таблице 1 описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НТИ, которые могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.1 – SWOT-анализ НИР

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Методика исследования материалов в данной работе является эффективной; С2. Метод, описанный в работе, несет в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Возможность применения данного метода, для любых материалов; С4. Актуальность метода; С5. Наличие опытного руководителя.	В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах;
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данным методом Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки	У1. Отсутствие спроса на проведение данных исследований.

Далее выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 4.2 – сильные стороны проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1C3C4C5, B2C1C2C3.

Таблица 4.3 – слабые стороны проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	0	-
	B2	0	0

Таблица 4.4 – сильные стороны проекта

Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	0	0	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1С1.

Таблица 4.5 – слабые стороны проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	У1	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить, что коррелирующих слабых сторон нет.

Итак, самой большой угрозой для проекта является отсутствие спроса, что на данном этапе не прогнозируется, поскольку аналогов данным исследованиям нет.

Проблема об отсутствии у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой, так как для ее применения требуются знания в области капиллярной дефектоскопии для решений данной проблемы необходимо обучение персонала.

Таким образом, несмотря на то, что коммерческого потенциала у данного исследования нет и оно в большей степени олицетворяет теоретическую значимость полученных результатов, результаты НТИ актуальны для предприятий, заинтересованных в повышении срока службы деталей машин, повышении износостойкости материалов и возможном предотвращении поломки в будущем.

4.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

Для правильного планирования, а также финансирования и определения трудоемкости выполнения НИР необходимо ее разбить на этапы. Под этапом понимается крупная часть работы, которая имеет самостоятельное значение и является объемом планирования и финансирования. НИР имеет:

1. Подготовительный этап. Сбор, изучение и анализ, имеющийся информации. Определение состава исполнителей и соисполнителей, согласование с ними частных задач. Разработка и утверждение задания.

2. Разработка теоретической части.

3. Проведение численного эксперимента

4. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки.

5. Завершающий этап. Рассмотрение результатов исследования.

Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Данную НИР можно разделить на следующие этапы (Таблица 6):

- а) Разработка задания на НИР;

- б) Выбор направления исследования;

- в) Теоретические и экспериментальные исследования;

- г) Обобщение и оценка результатов;

- д) Оформление отчета НИР.

Работу выполняло 2 человека: руководитель, студент-дипломник.

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 4.6:

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Лобанова И.С. – руководитель; Копуцу Д.Ф. – студент-дипломник.
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение капиллярного метода, в разных материалах	Копуцу Д.Ф.
	3	Выбор образцов для исследования	Лобанова И.С, Копуцу Д.Ф.
	4	Календарное планирование работ	Лобанова И.С, Копуцу Д.Ф.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведения экспериментов	Копуцу Д.Ф.
	6	Обработка полученных данных	Копуцу Д.Ф.
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Копуцу Д.Ф.
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Лобанова И.С, Копуцу Д.Ф.
Оформление отчета НИР	9	Составление пояснительной записки	Копуцу Д.Ф.

4.2.1 Определение трудоемкости этапов НИР

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

Где, $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

Где, T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4.3)$$

Где, T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (4.4)$$

Где, $T_{кг}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45,$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.7.

4.2.2 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа. Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

Где, Y_i – удельное значение каждой работы в %;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (4.6)$$

Где, $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.7.

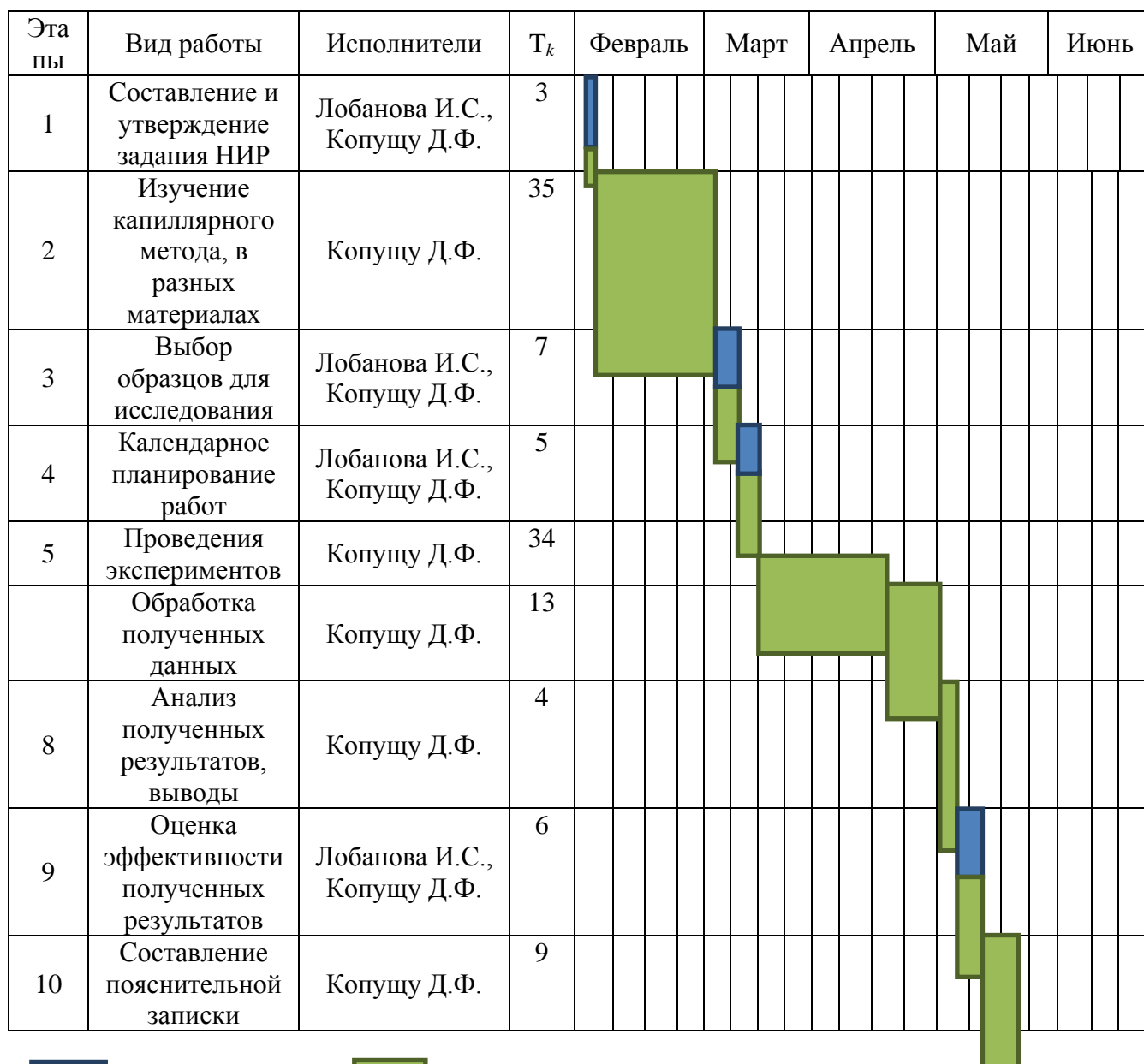
Таблица 4.7 – Временные показатели проведения НИР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{\min} чел- дн.	t_{\max} чел-дн	$t_{\text{ож}}$ чел- дн	$T_{\text{раб.дн}}$	$T_{\text{кал.дн}}$	$Y_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
1	Лобанова И.С., Копуцу Д.Ф.	1	3	2	1,2	3	1,72	1,05
2	Копуцу Д.Ф.	23	42	33	27	35	34,35	39,41
3	Лобанова И.С., Копуцу Д.Ф.	6	11	9	3,8	7	5,32	39,01
4	Лобанова И.С., Копуцу Д.Ф.	5	13	7	2,8	5	5,65	45,60
5	Копуцу Д.Ф.	13	21	16	18	34	21,41	69,5
6	Копуцу Д.Ф.	7	11	8	3,7	13	6,83	83,32
7	Копуцу Д.Ф.	1	8	4	0,79	4	6,30	87,91
8	Лобанова И.С., Копуцу Д.Ф.	4	13	7	2,7	6	6,79	92,11
9	Копуцу Д.Ф.	3	9	6	4.1	9	6,02	100
ИТОГО						116		

4.2.3 Построение графика работ

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.8 – Календарный график проведения НИР



В результате видно, что для выполнения работы требуется всего 2 человека и работа выполняется в течении 116 дней.

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы; - накладные расходы.

4.3.1 Смета затрат на разработку проекта

Затраты представляют собой все производственные формы потребления денег и измеримых в денежном измерении материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью.

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам.техн}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции.

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;

– другие виды выплат.

Примем, что полный фонд заработной платы ($\Phi_{зп}$):

$$\Phi_{зп} = 28000 \text{руб.},$$

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Единый социальный налог – 27,1%.

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($I_{\text{соц.отч.}}$):

$$I_{\text{соц.отч}} = ECH = 0,26 \cdot \Phi_{зп} = 0,26 \cdot 28000 = 7280 \text{руб.},$$

Накладные расходы используют на следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы, тогда:

$$I_{\text{накл.расх.}} = 2 \cdot \Phi_{зп} = 2 \cdot 28000 = 56000 \text{руб.},$$

Прочие затраты – затраты, к которым относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, вознаграждения за изобретение и рационализаторские предложения, за подготовку кадров, оплата услуг связи и т.д. Эти затраты составляют 2% от всех издержек и вычисляются по формуле:

$$I_{\text{прочее}} = 0.02 \cdot (I_{\text{ам.обор}} + \Phi_{зп} + ECH) = 0.02 \cdot (0 + 28000 + 7280) = 704$$

Рассчитываем себестоимость проекта ($K_{\text{проекта}}$).

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{ам.обор}} + \Phi_{зп} + I_{\text{прочее}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{соц.отч}} = 0 + 28000 + 704 + 56000 + 7280 = 91984$$

Рассчитываем плановые накопления (ПР). Стоимость проекта включает в себя 30% прибыли, таким образом:

$$ПР = 0.3 \cdot K_{\text{проекта}} = 0.3 \cdot 91984 = 27595,2$$

Рассчитываем стоимость проекта (Ц).

$$Ц = K_{\text{проекта}} + ПР = 91984 + 27595,2 = 119579,2$$

Таблица 4.9 - Смета затрат на научно-исследовательскую работу

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Амортизация оборудования	И _{ам,обор}	0
Затраты на оплату труда	ЗП	28000
Отчисления на социальные нужды	И _{соц.отч}	7280
Накладные расходы	И _{накл.расх}	56000
Прочие затраты	И _{прочие}	727,8
Себестоимость проекта	K _{проекта}	91984
Плановые накопления (прибыль)	ПР	27595,2
Стоимость проекта (цена)	Ц	119579,2

Исходя из расчетов и полученных результатов, приведенных в таблице 4.4, можно сделать вывод, что данная научно исследовательская работа входит в обозначенные бюджетные ограничения, так как стоимость проекта равная 119579,2 рублей, меньше приблизительной суммы затрат равной 200 тысяч рублей.

4.4 Оценка целесообразности исследования

4.4.1 Оценка научно-технического уровня следования

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Суть метода состоит в присвоении каждому из признаков НТУ определенного

числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i, \quad (4.7)$$

Где, k_i – весовой коэффициент i – го признака;

Π_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 4.10 - Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,8
Теоретический уровень	0,6
Возможность реализации	0,3

Таблица 4.11 - Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 4.12 - Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Исследование новых параметров	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ	8
Разработка численных экспериментов	6
Элементарный анализ результатов исследования	3

Таблица 4.13 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	5
Свыше 10 лет	3

Расчет НТУ:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i$$

где $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,6$; $k_3 = 0,3$;

$\Pi_1 = 9$; $\Pi_2 = 6$; $\Pi_3 = 4$;

$$\text{НТУ} = 0,8*9+0,6*6+0,3*4 = 12.$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне исследования, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

4.4.2 Оценка возможных рисков

Произведем оценку рисков. Определение рисков является одним из важнейших моментов при создании проекта. Учет рисков даст возможность избежать опасные факторы, которые негативно отражаются на внедрении в жизнь проекта.

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблицах 14-18.

Таблица 4.14– Социальные риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Низкая квалификация персонала	0	2	0,061	0
2	Непросвещенность предприятий о данном методе	50	4	0,168	8,928
3	Несоблюдение техники безопасности	25	6	0,23	6,25
4	Увеличение нагрузки на персонал	50	4	0,168	8,928
	Сумма		16	0,627	24,1

Таблица 4.15– Экономические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Инфляция	100	2	0,029	1,960
2	Экономический кризис	25	3	0,049	0,980
3	Непредвиденные расходы в плане работ	25	5	0,126	5,862
4	Сложность выхода на мировой рынок	75	6	0,136	10,29
	Сумма		16	0,34	19,92

Таблица 4.16– Технологические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Возможность поломки оборудования	25	6	0,24	5,25
2	Низкое качество поставленного оборудования	25	8	0,313	7,0357
	Сумма		14	0,553	12,2857

Таблица 4.17– Научно-технические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Проведение конкурентных исследований	50	5	0,135	8,936
2	Отсутствие результата в установленные сроки	25	6	0,123	6,25
3	Несвоевременное патентование	25	8	0,176	3,657
	Сумма		19	0,434	18,843

Таблица 4.18 – Общие риски

№ п/п	Риски	b_i	w_i	$b_i \cdot w_i$
1	Социальные	16	0,627	10,03
2	Экономические	16	0,34	5,44
3	Технологические	14	0,553	7,742
4	Научно-технические	19	0,434	8,246
Итого				31,458

Расчет рисков дает общую оценку в 31,458. Эта цифра говорит, что проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен вероятных препятствий.

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1) Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения методики.

2) Определен полный перечень работ, проводимых при компьютерном моделировании. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя и студента-исполнителя составила 92 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 116 календарных дней.

3) Суммарный бюджет затрат НИР составил – 119579,2 рублей.

4) Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического уровня и приемлемый уровень рисков.

Следует отметить важность для проекта в целом, проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.

В завершении хочется отметить, что данный проект является весьма актуальным.